

송풍기 관련 KS규격의 선진화 연구 (I)

이승배*, 주원구**, 김희룡***, 김광용*

I. 송풍기 · 압축기 소음레벨 측정방법 (KS B 6361)

1. 개정 배경

1.1. 연구배경 및 목적

산업사회의 기술이 발전함에 따라서 새로운 소음원이 발생하게 되고, 더불어 생활의 질적인 향상이 요구됨으로써 소음원에 대한 인간의 개선욕구도 소음원에 따라 다양하며 그 수준도 점차 높아지고 있는 실정이다.

우리의 일상생활에서 제일 쉽게 접할 수 있는 유체기계중의 하나가 송풍기일 것이다. 또한 송풍기 및 압축기는 공조 및 냉동의 기본 기계단위로 적용하는 환경이 건물등의 사무 및 주거환경, 대형 프랜트등의 작업환경으로, 업무 및 작업조건 그리고 쾌적한 주거조건에 가장 영향을 주는 요인이 되고 있다. 일반적으로 국내에서는 토출압력이 1,000 mmAq (10KPa) 이하의 것을 팬이라 하고, 1,000 - 10,000 mmAq (10-100kPa)범위의 것을 블로워라고 한다. 팬을 포함한 이러한 송풍기는 회전차를 통과하는 기류의 방향에 따라 축류식, 원심식, 사류식, 횡류식으로 다시 구분된다.

국내에는 약 수백개의 송풍기 제조 회사가 있으며, 이들 대부분은 외국회사의 자료를 이

용하여 송풍기를 제작하거나, 설계된 제품을 스케치하여 제작하고 있으며 시험설비도 갖추지 못하고 있는 곳이 대부분이다. 송풍기 기술은 크게 설계기술과 생산(제조)기술로 나눌수 있으며, 설계기술은 유체역학적 설계, 저소음설계, 베어링등 로터부 저진동설계등 여러 종류의 핵심기술로 이루어진다. 송풍기를 제작, 판매하는 중소기업뿐만 아니라 여러 종류의 소형 팬을 사용하는 대기업 중심의 가전업체에서도 제품을 설계하는 과정에서 외국과의 기술 제휴로 그 설계 데이터를 들여오거나, 타 회사의 자료를 입수하여 유체기계의 기본이론을 바탕으로 이를 응용, 생산을 해 오고 있다. 그러나 송풍기의 용도가 다양해지고 개방된 시장내에서 그 기술경쟁 또한 치열해짐에 따라 생산기술에 의한 가격 경쟁력 이외에 성능, 소음이나 품질차별화를 더불어 요구하고 있다.

소음 평가에 대한 과학적 연구의 시초는 소음의 크기(Loudness)와 시끄러움(Noise-ness)에 대한 청감실험에 의한 연구이다. 1920년대말에서 1930년대에 걸쳐 Kingsbury와 Churcher는 순음의 크기에 대한 연구를 하였으며, 그 후 Fletcher와 Munsen이 등감의 크기를 체계화하였다. 이와 병행하여 지시계기에 의한 소음의 크기레벨의 계산치를 구하는 소음계의 청감보정회로에 대한 연구가 진행되었고, 1940년대에는 Stevens이 소음주파수 특성에서 그 크기레벨을 계산하는 방법 개발의 연구등이 진행되어 오늘날에 이르렀다.

소음레벨을 직접적으로 평가하는 방법은 소음의 주파수 스펙트럼만을 대상으로 한 것으로, 다음과 같은 것이 있다: 전음압레벨

* 인하대학교 기계공학과
** 연세대학교 기계공학과
*** (주) 태일송풍기

(OASPL; Sound Pressure Level), A보정 음압레벨dB(B), C보정 음압레벨 dB(C), D보정 음압레벨 dB(D). 전음압레벨은 주파수보정을 하지 않고 단순히 가정주파수의 음에너지를 측정하여 총음압레벨로 한다. A-보정레벨은 주관적인 감음과 좋은 상관관계를 보여서 각종 소음평가법의 기초가 된다.

직접적 평가는 소음레벨의 에너지합을 평가한 것이지만, 소음의 크기와 불쾌감의 평가는 인간의 감각의 합으로 주파수 스펙트럼을 고려한 평가방법이며, 다음과 같은 평가방법이 있다:소음크기레벨(LL; Loudness), 지각레벨(PL; Perceived Level), 지각소음레벨(PNL; Perceived Noise Level). LL은 소음의 크기를 1000Hz의 순음을 기준으로 하여 같은 크기의 음으로 조절한 것이다. PL은 음의 크기와 시끄러움에 관한 연구를 새롭게 병합한 방법이며, PNL은 시끄러움의 속성을 순음성분과 지속시간의 보정을 감안하여 항공기소음의 척도로 이용된다.

송풍기 소음성분중에 순음, 피크음, 비정상음(충격음, 간헐음) 등이 두드러지면 불쾌감이 증가하는 등 음의 물리적인 특성에 따라서 받아들이는 느낌이나 정서가 다르기 때문에, 실제로 인간의 감각과 관련된 음질 평가에 대한 개선방안이 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 1987년에 개정된 송풍기압축기의 소음레벨 측정방법 KS B 6361이 JIS, ISO, AMCA등에서 이미 측정규격 중의 하나로 규정한 In-duct 방법등과 측정방법등에서의 개선이 필요한 내용을 국내 송풍기산업의 국제경쟁력을 높이는 취지로 개정안을 제시한다

1.2. 연구의 방법 및 범위

송풍기 소음측정을 표준화하려는 노력은 여러 나라에서 각자의 규격을 가지고 수행되어 왔다. 예를 들어 국내에서는 '한국공업규격'에 제시하고 있으며, 일본은 JIS, 미국은 ASHARE, ANSI와 AMCA, 독일은 DIN, 그리고 ISO에서도 규격을 찾을 수 있다.

측정방법으로는 크게 일반음장(general

sound fields)법(실내, 실외), 잔향실(reverberation chamber)법 그리고 무향실(anechoic chamber)법등으로 나뉘며 이는 모두 정상음 또는 비정상음을 방사하는 음원에 대한 음향레벨을 구하는 측정 방법을 제시하고 있다 한국공업규격에 의하면 일반음장법에 관해서는 KS A 0703⁽¹⁾(JIS Z 8733⁽²⁾, ISO 3744⁽³⁾)에서 제시하고 있다. 이는다시 측정 장소, 측정 정밀도, 산출량에 따라 실용 반자유음장법, 간이 반자유음장법, 간이 확산음장법 등으로 나누어진다. 실용 반자유음장법은 울림이 적은 넓은 실내나 실외 등, 실용적으로 보아 반자유음장으로 간주되는 음장에서 KS A 0000⁽⁴⁾등에 규정하는 정밀 측정방법에 준하는 정밀도로 음향 파워 레벨을 측정하는 경우이다. 간이 반자유음장법은 실용 반자유음장법 외에 통상 실내등에서 반사음의 영향이 꽤 크지만 측정점의 배치를 반자유음장법의 원리에 따라 할 수 있는 음장에서의 음향 파워 레벨의 개략치를 간단히 측정하는 경우에 적용된다. 간이 확산음장법은 어느 정도 이상의 잔향이 있고 그 경계면(벽, 바닥, 천장 등)이 특정된 실내에서 확산음장법의 원리에 따라 음향 파워레벨의 개략치를 간단히 측정하는 경우에 적용한다.

잔향실법은 KS A 0704⁽⁵⁾(JIS Z 8734⁽⁶⁾, ISO 3741⁽⁷⁾, 3742⁽⁸⁾)에서 제시하고 있다. 잔향실법은 모든 방향에서의 입사음에 대하여 높은 반사성을 갖는 재료로 둘러싸서 확산음장의 조건을 근사적으로 만족하도록 만들어진 긴 잔향시간을 갖는 실을 이용하는 방법이다. 여기에서 잔향시간은 V/S (V는 잔향실의 용적(m^3), S는 잔향실의 실내 총면적)이상이어야 한다. 측정점으로는 잔향실내에 되도록 3곳 이상을 설정하고 이들 측정점은 음원 스피커 및 잔향실 내의 벽, 바닥, 천장등의 면에 근접하지 않도록 한다.

무향실법은 KS A 0705⁽⁹⁾(JIS Z 8732⁽¹⁰⁾, ISO 3745⁽¹¹⁾)에서 제시하고 있으며 측정 대상이 되는 주파수 범위 내의 음파를 충분히 흡수하는 경계면으로 구성되고 그 내부에서는 자유음장의 조건이 성립되는 시험실내의 소음측정법을 말한다. 그리고 측정대상이 되는 음원 이외 방사되는 음은 충분히 방지하

고 측정에 영향이 없도록 한다. 예를 들면 음원의 작동에 필요한 보조장치, 설비에서 측정에 방해가 되는 것은 밖으로 내놓는 것이 바람직하다.

최근 JIS, ANSI, AMCA, ISO 에서는 송풍기 소음측정방법중의 하나로 In-Duct 방법을 추가하여 제정한 바, In-Duct 방법은 소음원 측정을 덕트 내부에서 측정하는 방법이다. ISO 5136(12) 에 규정된 측정 송풍기의 크기 범위는 직경이 0.15m에서 2m까지의 송풍기를 포함하며, 최대속도는 30m/s 그리고 온도는 -50℃에서 +70℃까지의 범위로 한정하고 있다. 사용되는 팬의 종류로는 원심형팬(centrifugal fan), 축류팬(axial fan), 사류팬(mixed flow fan)등을 규정하고 있다. 또한 그 이외의 다른 팬들도 적용이 가능하다. 실험장치는 Fig. 1과 같이 팬(fan), 무반사장치(anechoic termination), 덕트(duct), 유량 조절장치(throttle device; 본 연구에서는 damper라 함)등으로 구성된다. 그리고 덕트는 팬의 축과 일직선이 되어야하고 모터로부터의 진동이 덕트에 도달하지 않도록 진동절연이 되어야 한다. 측정방법으로는 Fig. 2, 3에서와 같이 4가지 방법이 제시되고 있다. Fig. 4는 무반사장치를 나타내며 덕트로 음파가 반사되어 들어오는 것을 차단하고 덕트 임피던스(impedence)를 감소시키는데 있다. 여기에 사용된 흡음제의 밀도는 약 24 kg/m³ 에서 45 kg/m³ 이며 음압반사 계수는 1/3 옥타브밴드의 중심주파수에 대하여 50Hz일때는 0.4이며 80Hz일때는 0.3을 규정하고 있다. 유량조절기(damper)는 무반사장치 끝에 위치하며 무반사장치와 팬 사이에는 설치하지 않는다. 소음스펙트럼을 측정하는 방법으로는 마이크로폰을 동시에 원주방향에 대하여 여러개를 이용하여 측정하는 방법과 하나를 이용할 경우 약 30초간격으로 회전시키면서 측정하는 방법으로 이를 평균하여 사용하도록 규정하고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 산업의 경쟁력 제고 및 국민 주거환경의 개선에 영향을 줄 수 있다고 여겨지는 송풍기 소음레벨 측정방법을 중심으로 관련규격과의 정합성 및 선진규격의 도입 등을 새 규격에 반영하였

다. 이들 규격의 효율성을 극대화하기 위하여 종전 규격의 모호한 용어 및 측정항목, 기준 설정등을 수정하였다. 또한 관련 외국 규격과의 차이점을 분석하여 기존 규격에는 포함되어 있지 않은 In-Duct방법을 추가하였다.

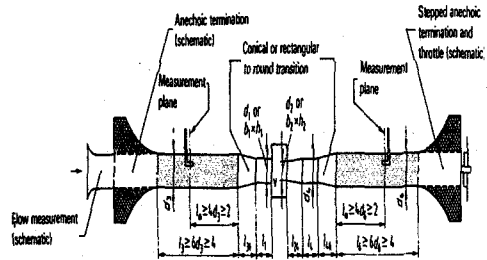


Fig.1 테스트 정열 그리고 각 덕트의 최대 치수

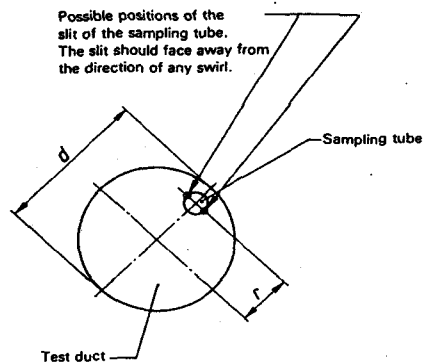


Fig. 2 샘플링 튜브의 반경위치

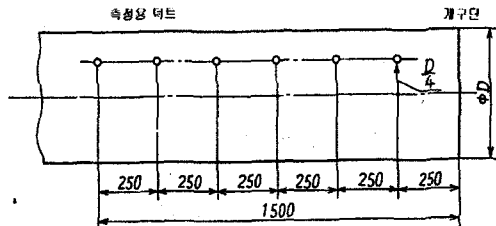


Fig. 3 덕트의 측정점의 설정

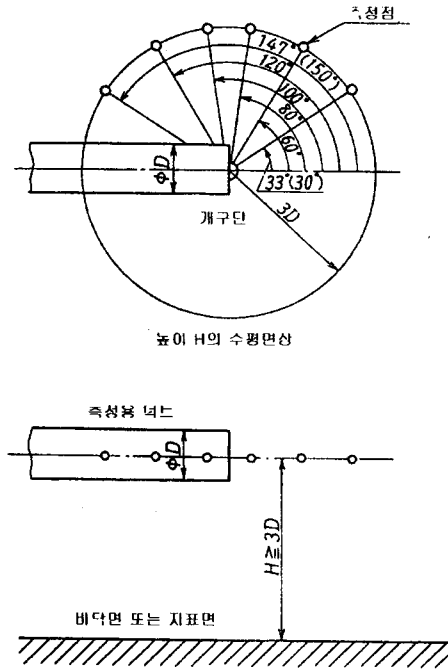


Fig. 4 측정용 덕트와 측정점의 설정

2. 관련 KS 규격 개정안

2.1 적용범위

적용범위에 있어서는 이전의 규격에서는 정상적인 소음레벨은 8dB이내의 변동으로 5분이상 계속하여, 그 평균값이 계속 중 거의 일정하다고 간주할 수 있는 것을 했으나, 본 개정안은 적어도 30초이상 거의 정상적으로 계속되는 소음의 레벨을 뜻하고 있다.

2.2 용어의 정의

전체적으로 관련용어에 대한 정의가 자세히 되어있지 않아 부족한 점을 덧붙여서 다시 설명하였다. 그 내용은 아래와 같다.

- 소음레벨 : KS C 1502 또는 KS C 1505에 규정하고 있는 A특성으로 가중한 실험값과 기준음압($20\mu Pa$)과의 상용대수값의 20배로 한다. 단위는 데시벨, 단위기

호는 dB, 크기기호는 L_{PA} 이다. dB(A)로 표시하는 경우도 있다.

- 밴드음압레벨 : 어떤 주파수 대역에 있어서의 소음의 음압레벨을 말한다. 이 주파수 대역의 폭이 옥타브 또는 1/3 옥타브 경우는 각각 옥타브 밴드음압레벨 또는 1/3 옥타브 밴드음압레벨이라고 한다. 단위는 데시벨, 단위기호는 dB이다.

- 감소음레벨 : 이전 규격의 감소음을 감소음레벨로 개정된 것으로 소음측정중에 측정대상물 이외에서 방사하는 모든 소음원들의 측정점에 대한 소음레벨, 음압레벨, 또는 밴드음압레벨을 뜻한다.

- 대표길이 : 이전 규격에서의 소음측정점까지의 거리에 관계되는 양을 소음레벨의 측정측정까지의 거리에 관계되는 양으로 변경하였다.

2.3 측정항목

이전의 밴드음압레벨 및 음향출력레벨의 측정이 필요한 경우에 참고1(송풍기 및 압축기의 밴드음압레벨 측정방법)과 참고2(송풍기압축기의 음향출력 레벨의 측정방법)를 참조하던 것을 개정안에서는 다음과 같이 나누었다.

- 밴드음압레벨이 필요한 경우에는 참고 1(송풍기 및 압축기의 밴드음압레벨 측정방법)에 나타난 방법을 참조해 측정한다.

- 송풍기 본체에서 방사하는 음향파워레벨이 필요한 경우에는 참고2에 나타난 방법을 참조해 측정한다.

- 송풍기에 덕트내로 방사하는 음향파워레벨이 필요한 경우에는 참고4에 나타난 방법을 참조해 측정한다.

또한, 이전의 규격에서는 음압레벨에 대한 정의가 되어있지 않았으나, 본 개정안에서는 음압레벨을 음압실효값과 기준음압($20\mu Pa$)과의 상용대수값의 20배로 하고, 단위는 데시벨, 단위기호는 dB, 크기기호는 L_p 로 한다.

2.4 측정조건

이전의 측정장소에 대한 내용 중 흡입구 중심측상, 흡입구 중앙로 표시된 것은 흡입구 중앙에서 흡입구 중심측상위로 바꿨으며, 송출구 중심측과 45°의 방향에서 송출구 중앙을 송출구 중심에서 송출구 중심측과 45°의 방향으로 개정하였다.

또한, 운전조건에 대한 내용 중 규정회전수 및 규정공기량의 설정허용값이 각각 5% 이내로 한 것을 규정회전수의 설정허용값을 5%이내로 개정하였다.

2.5 측정방법

이전의 규격 중 측정방법에 대한 내용이 다음과 같은 내용으로 변경되었다.

- (1) 소음계의 주파수 보정회로 : 소음계의 주파수 보정회로는 A특성을 사용한다.
- (2) 소음계의 방향 : 소음계의 마이크를 음원의 방향으로 향하게 한다.
- (3) 소음계의 동특성 : 소음계의 동특성은 느린 동특성(SLOW)등을 사용한다.
- (4) 암소음레벨의 눈금값 : 소음레벨의 측정에 앞서 암소음레벨을 측정한다. 눈금값은 지시값에 가장 가까운 정수값으로 한다.
- (5) 소음레벨의 눈금값 : 소음레벨의 눈금값은 지시값에 가장 가까운 정수값으로 한다. 또한, 지시값이 변동하는 경우에는 그 평균값에 가장 가까운 정수값으로 한다.
- (6) 암소음의 보정 : 각 측정점의 소음의 눈금값에 암소음에 대한 보정을 하여 측정값을 구한다.

또한, 측정위치에 대한 내용 중 그림은 재정의 새로운 그림으로 바꿨으며, 내용도 이전의 규격 밑에 있는 내용을 다음과 같이 개정하였다.

위의 모든 측정 위치에서 흡입구, 송출구 중심 또는 케이싱 표면의 중심의 높이는 1m 이상으로 하는 것이 바람직하다, 이것이 어려운 경우에는 측정위치의 높이를 1m로 하고 흡입구, 송출구 중심 또는 케이싱 표면까지의 거리가 대표길이가 되도록 한다.

2.6 대표 소음레벨의 산출방법

이전의 규격에는 본문에 따로 계산하는 방법을 나타내지 않았으나, 새로운 개정에는 아래와 같이 규정하였다.

대표 소음레벨 $\overline{L_{PA}}$ (dB) 은 각 측정점의 측정값⁽⁹⁾의 에너지를 평균하며, 다음의 식을 이용하여 구하되, 이 값에 가장 가까운 정수값으로 한다.

$$\overline{L_{PA}} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{PAi}/10} \right]$$

여기에서, L_{PAi} : i항목의 측정점에 있어서 소음레벨의 측정값(dB)

N : 측정값의 수

주⁽⁹⁾ 각 측정값의 눈금값에 있어서 암소음에 대한 보정을 한다.

2.7 참고 내용

이전 규격에서는 참고1(송풍기 및 압축기의 밴드음압레벨 측정방법)과 참고2(송풍기 압축기의 음향출력 레벨의 측정방법)로 나누었으며, 다시 참고2는 자유음장법에 의한 음향출력 레벨의 측정방법, 근접 음장법에 의한 음향출력 레벨의 측정방법, 기준 음원 치환법에 의한 음향출력 레벨 측정방법과 관로내법에 의한 음향출력 레벨의 측정방법으로 나누었다.

개정된 규격에서는 참고1(송풍기 및 압축기의 밴드음압레벨 측정방법), 참고2(송풍기 및 압축기의 본체에서 방사하는 소음의 음향파워레벨 측정방법), 참고3(음장보정값을 구하는 법), 참고4(송풍기로부터 덕트내로 방사하는 소음의 음향파워레벨 측정방법), 참고5(마이크로폰의 기류잡음에 대한 보정)으로 나누었다. 특히, 참고3과 참고5는 이전 규격에는 없었던 내용을 첨가했으며, 참고2는 실용 반자유음장법과 간이 반자유음장법으로 나누었고, 참고4는 덕트내법과 준자유음장법, 준확산음장법으로 재분류하여 설명했다.

또한 전체적으로 측정결과를 기록하는 양식에도 약간의 변화가 있었다.

II. 송풍기의 시험 및 검사방법 (KS B 6311)

1. 개정 배경

1.1 연구배경 및 목적

공업 기술의 급속한 발전에 따라 송풍기의 응용 범위는 실로 매우 다양해지고 있다.

현재 국내의 많은 업체에서 다양한 송풍기를 제작하고 있으며 또한 많은 현장에서 송풍기를 이용한 측정실험을 행하고 있다. 다양한 송풍기의 제작과 측정 실험의 객관적인 신뢰성을 보장하기 위해서는 명확한 규격의 확립은 필수적이라 할 것이다.

또한 국내 여건의 변화뿐만 아니라 국제화 시대의 세계시장 진출을 위해서는 각 국가에서 규정하고 있는 규격에 의한 성능 시험을 하여야 하기 때문에, 현재 JIS와 똑같은 KS를 국제 규격의 보완을 통하여 개정하는 것은 꼭 필요하다.

이러한 중요성의 인식 속에서 본 연구에서는 1982년에 개정된 송풍기 시험 및 검사방법 KS B 6311을 ISO, JIS, ASHRAE 및 AMCA등에서 제시한 측정방법이나 이에 따른 자료들을 바탕으로 개정이 필요한 부분들을 국내 송풍기 산업의 발전을 도모할 수 있도록 개정하였다.

1.2 연구의 방법 및 범위

송풍기의 시험 및 검사방법을 표준화하려는 노력은 자국의 해당 기술발전과 비례하여 발전해왔다. 이는 국제 규격으로 ISO를 비롯하여 미국의 AMCA, ASHRAE 및 ANSI, 영국의 BS, 독일의 DIN, 일본의 JIS 그리고 국내의 '한국공업규격'등에서 찾아볼 수 있다.

위의 규정들은 시험방법으로 각각 4가지를 제시하였다.

1. 자유 흡입, 자유송출
2. 자유 흡입, 닥트 송출
3. 닥트 흡입, 자유 송출
4. 닥트 흡입, 닥트 송출

이러한 시험 방법은 서로 유사하며 시험방법상의 종류에서 미소한 차이를 보일 뿐이다. 시험 항목과 장치, 측정 방법 및 이에 대한 계산방법들은 각각의 근거를 제시하며 서술하고 있다. 특히 '한국공업규격'(이하 KS)과 다른 규격들과의 비교를 통하여 많은 차이를 보이는 부분은 오차에 대한 해석이다.

모든 측정에 오차의 여지가 있는 것은 알고 있는 사실이다. 측정된 자료에서 계산된 송풍기 공기량과 압력에도 오차가 있을 것이다. 이것은 데이터의 오차에서뿐만 아니라 계산과정에 의한 오차이다.

송풍기 시험의 정확한 불확실성 해석은 많은 노력과 더불어 장치, 보정, 계산과 그 밖의 다른 요소들에 대한 상세한 정보들을 요구한다. 적어도 5개의 (많으면 15개의) 변수가 송풍기 시험의 결과로 간주될 수 있다. 각각의 결과는 하나 또는 그 이상의 측정결과에 의해 좌우된다. 각 측정결과는 5개나 그 이상의 불확실성 요인을 가질 수 있다. 그러므로 모든 요인은 불확실성 해석에 의해 고려되어야 한다.

ISO 5168에 의하면 불확실성 해석의 절차는 다음과 같은 과정을 포함한다.

- a) 오차의 가능성이 있는 모든 원인들을 나열한다.
- b) 각각의 원인에 대한 기초적이 오차를 계산 또는 추정한다.
- c) 계산결과를 제공평균의 제공근방식으로 편심 한계(bias limits)와 정밀 표준(precision indices)들을 각각 계산결과에 대해 따로 조합한다.
- d) 변수를 민감한 요인이나 그렇지 않은 것으로 편심 한계와 정밀 표준들을 따로 계산해나간다.
- e) 변수들의 불확실성을 계산한다.
- f) 변수들의 불확실성 범위를 수립한다.

이러한 측정 오차 외에 표나 식의 사용에 의한 오차도 있을 수 있다.

이러한 불확실성 해석과 ISO등을 비롯한 국제 규격의 시험방법 등을 첨가함으로써 시험 방법등의 다양성과 정확성을 꾀하였다.

또한 국제화 시대에 세계시장을 진출하기 위해서는 각 국가에서 규정하는 규격에 의해 성능시험을 하여야 하는데 현재 가장 많이 사용되고 있는 규격이 ISO와 ASHRAE이다. 따라서 현재 JIS와 똑같은 KS를 ISO나 ASHRAE에서 규정하는 시험방법을 추가하거나 보완해줌으로써 산업체에서 국제규격에 준하는 시험을 행할 수 있도록 하였다.

이번에 개정된 규격의 주요한 점은

- (1) 시험방법에 ISO 및 ASHRAE에서 규정된 방법을 추가하였다.
- (2) 오리피스관의 유량계수 및 레이놀즈수의 한계치를 ISO를 따랐다.
- (3) 축동력의 측정방법을 ASHRAE를 따랐다.
- (4) 불확실성으로 성능시험성적의 판정기준을 마련했다.
- (5) 상사법칙을 첨가함으로써 모형시험에 대한 기초를 마련하였다.
- (6) 치수나 면적에 대한 측정과 오차한계를 마련하였다.

이러한 점을 바탕으로 본 연구에서는 국내 산업의 발전에 밑바탕이 될 수 있는 송풍기 시험 및 검사방법의 규격에 선진 규격의 도입과 관련 규격의 정합성을 반영하고자 개정하였다.

2. 관련 KS 규격 개정안

2.1 시험장치 (4.1)

- (1) 사용상태에서 흡입관을 갖는 송풍기
현행 규격은 피토판만을 이용한 측정 방법을 제시하였는데 ISO 5801을 참조하여 Fig. 1 (A), (B)에서와 같이 이 규격에서 사용되고 있는 흡입노즐과 오리피스관을 이용한 방법

을 첨가하였다.

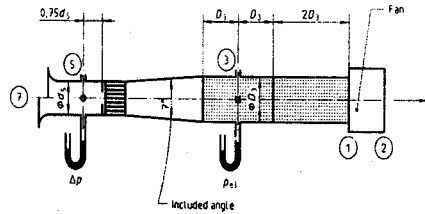


Fig. 1 (A) 흡입 노즐을 사용한 경우

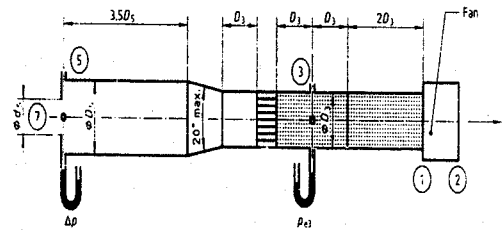


Fig. 1 (B) 오리피스관을 사용한 경우

- (2) 사용상태에서 토출관과 흡입관을 갖지 않는 송풍기의 경우

현행규정의 그림 4 (A) 사용상태에서 토출관과 흡입관 양쪽을 갖지 않는 압입 송풍기의 경우와 (B) 사용상태에서 토출관과 흡입관 양쪽을 갖지 않는 흡출 송풍기의 경우에 공기량을 측정하는데 오리피스관이나 피토판을 사용하고 있는데 Fig.2 (A), (B)에서와 같이 AMCA Publication 201-90 및 ISO 5801을 참조하여 이 규격들에서 사용되고 있는 공기층내에 설치한 복수노즐에 의한 측정방법을 첨가하였다.

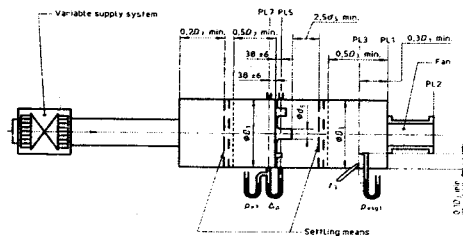


Fig. 2 (A) 압입 송풍기의 경우

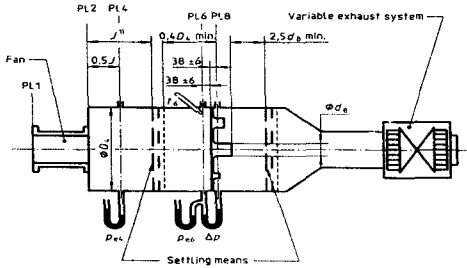


Fig. 2 (B) 흡출 송풍기의 경우

2.2 축동력 (5.2.5)

축동력 측정방법을 보다 세분화하고 구체화함과 동시에 정확한 측정방법을 유도할 수 있도록 ISO 5801 및 ASHRAE Standard 51-1985를 참조하여 다음과 같이 개정하였다.

반동 동력계로 측정한 보하중, 회전력 검출 소자로 측정한 회전력, 또는 교정전동기에서 측정한 전기적 입력으로부터 결정한다.

(1) 반동 동력계(Reaction dynamometer)

동력은 측정치의 2%의 정확도를 갖는 현추식(cradle type) 혹은 비틀림 탁상식(torsion-table type) 반동동력계를 사용하여 측정한다.

반동 동력계는 그의 사용범위내에서 토크 압과 현추중량을 가지고 교정하여야 한다. 현추중량은 0.2%의 정확도가 보증되어야 하고, 토크 압의 길이도 0.2%의 정확도로 측정되어야 한다.

각 시험마다 측정 전후에 자중보정(영점 토크평형) 여부를 확인하여야 한다. 지시계의 영점으로부터의 상위가 시험 중에 측정된 최대 측정값의 0.5%이내이어야 한다.

(2) 회전력 측정기

동력은 공인된 정확도가 측정값의 2%인 토크미터를 사용하여 측정한다.

회전력 측정기는 반드시 정적교정을 하여야 한다. 운전교정은 가급적 사용범위내에서 하는 것이 좋다. 정적교정은 현추중량과 토크 압을 가지고 수행하여야 한다. 현추중량은

0.2%의 정확도가 보증되어야 하고, 토크 압의 길이도 0.2%의 정확도로 측정되어야 한다.

매 시험마다 측정 전후에 자중보정(영점 토크평형)과 독취계통(readout system)의 진폭을 확인하여야 한다. 각각의 경우 지시계의 영점으로부터의 상위가 시험중 측정된 최대값의 0.5%이내이어야 한다.

(3) 교정 전동기(Calibrated motor)

동력을 측정하려면 적당한 전기계기와 함께 교정 전동기를 사용할 수 있다.

사용범위내에서 흡수식 동력계와 대비해서 교정하여야 한다. 흡수식 동력계는 토크 압으로부터 현추중량을 가지고 교정한다. 현추중량은 0.2%의 정확도가 보증되어야 하고, 토크 압의 길이도 0.2%의 정확도로 측정되어야 한다.

전기계기는 읽은 값의 1.0%의 정확도가 보증되어야 한다.

시험중 전동기 입력전압은 교정 중에 관측된 전압의 1% 이내이어야 한다. 만일 시험하고 있는 송풍기로부터 공기가 전동기에 흘러들어가면 교정시에도 상사한 공기 유동이 있어야 한다.

2.3 오리피스판에 의한 공기량의 산출 (5.3.3)

유량계수 α_n 의 값은 현행 규격 그림 16에 의하여 구하고 있지만 그림 16은 그다지 정확하지 않다. 따라서 ISO 5801에서 제시한 그림으로 대체한다.

레이놀즈수에 따라 오리피스 유량계수 α_n 의 면적비 β 에 대한 값을 표시하였다. 유량계수 α_n 을 Stolz의 식에 기초하여 표현하면

$$\alpha = (1 - \beta^4)^{-0.5} \left[0.5959 + 0.0312\beta^{2.1} - 0.184\beta^8 + 0.0029\beta^{2.5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.75} \right]$$

이다. 그 적용 범위는 다음과 같다.

$0.2 \leq \beta \leq 0.45$ 에 대해 $Re_D \geq 5000$

$0.45 \leq \beta \leq 0.75$ 에 대해 $Re_D \geq 10000$ 이다.

그리고 오리피스판을 사용할 때는 h_n 이 $3kPa(306mmAq)$ 이상이 되면 공기의 팽창에 의한 수정계수의 영향이 커지므로 주의해야 한다.

2.4 불확실성 해석 (새규정)

따라서 측정과 결과의 정확성은 관련된 오차의 함수이다. 불확실성 해석은 다양한 적용 범위로 오차를 정량화하는 방법을 제공해준다. 모든 송풍기 시험의 정확성은 불확실성 해석으로 평가하는 것이 가장 좋다.

ISO 5801 및 ASHRAE Standard 51-1985를 참조하여 95%의 신뢰성에 근거를 두고 개정한 것이다.

발생 가능한 측정 문제를 미리 파악하고 가장 효율적인 시험을 설계하기 위하여 사전 측정 불확실성 해석이 권장되고 시험의 정확도를 안정시키기 위해서 사후 측정 불확실성 해석이 꼭 필요하다. 이러한 해석은 어떤 변수의 측정이 가장 큰 오차에 기여하였는가를 보여준다.

(1) 변수들의 측정시 요구되는 최대 불확실성

- 온도 ; $\pm 0.2 \%$
- 압력(차) ; $\pm 1.4 \%$
- 회전 속도 ; $\pm 0.5 \%$
- 동력 ; $\pm 2 \%$
- 노즐 목의 면적(직경) ; $\pm 0.2(0.1) \%$
- 측정 관로의 면적(직경) ; $\pm 0.5(0.1) \%$

(2) 계산 결과의 최대 불확실성

- 송풍기 동압 ; $\pm 4 \%$
- 송풍기 전압 ; $\pm 1.4 \%$
- 공기 동력 ; $\pm 2.5 \%$
- 송풍기 효율 ; $\pm 3.2 \%$
- 송풍기 유량 ; $\pm 2 \%$

2.5 치수 측정과 면적 계산 (새규정)

공기량 측정을 위해 사용되는 노즐, 오리피스, 측정 관로의 치수는 ISO 5801에 근거하여 각각의 사용에 대한 적당한 세부조항을 마련하였다.

(1) 치수에 대한 공차

- 측정관로의 길이 ; $-1\% \sim +10\%$
- 측정관로의 직경 ; $\pm 1\%$ □
- 관로와 다른 정의된 부분의 단면적 ; $\pm 0.5\%$

(2) 치수 측정

① 원형 부분

평균 직경은 측정 부분의 적어도 3개의 직경에서 측정된 값들의 평균으로 구한다. 직경들은 측정 단면에서 일정한 각에 있도록 위치되어야 한다. 만약 인접한 두 개의 직경 사이에 선형 측정 차이가 1%를 넘는다면 측정된 직경의 수는 2배가 되어야 한다.

② 사각 부분

폭과 높이는 폭과 높이에 평행하고 일정한 거리에 위치한 5개의 선을 따라서 측정되어야 한다. 만약 2개의 인접한 폭 또는 높이의 차이가 2%보다 크면 그 방향으로의 측정수는 2배가 되어야 한다.

2.6 상사조건 (새규정)

최근 대형 또는 대동력이 되면서 여러 설비에서 공장시험을 할 수 없게 되는 경우, 모형 시험을 하게 되는데 이에 대한 KS 규정이 존재하지 않기에 ISO 5801 및 ASHRAE Standard 51-1985에 의하여 송풍기의 상사 법칙에 관하여 다음을 제시하였다. 이의 상사조건은 비압축성에 관한 것이며 상사한 유동조건에 있는 상사한 송풍기에 대한 성능의 상사성을 수학적으로 표현한 것이다. 이들 법칙은 상사 조건, 차원해석 또는 여러 가지 일련의 추리로부터 연역적으로 추론할 수 있다.

이는 단지 정보제공의 목적으로 수록하는 것

이니 부록으로 처리하는 것이 좋을 듯하다.

(1) 상사 조건

① 기하학적 상사

두 송풍기 사이에 대응되는 크기가 같을 때 이루어지는 것이다. 이는 유동 관로의 크기 뿐만 아니라 두께비, 틈새와 거칠기도 포함된다. 모든 대응되는 작은 같아야 한다.

② 레이놀즈수 상사

상대적인 경계층 두께, 속도 형태, 마찰 손실을 같게 유지하기 위해서 레이놀즈수 상사는 필요하다.

③ 마하수와 속도삼각형의 상사

속도 삼각형을 같도록 하기 위해서 송풍기를 지나는 압력, 속도, 온도의 변동은 모두 같아야 한다.

(2) 상사 법칙

① 송풍기 전압 효율

$$\eta_{Tc} = \eta_T$$

② 송풍기의 공기량

$$Q_c = Q \left(\frac{D_c}{D} \right)^3 \left(\frac{n_c}{n} \right)$$

③ 송풍기 전압

$$p_{Tc} = p_T \left(\frac{D_c}{D} \right)^2 \left(\frac{n_c}{n} \right)^2 \left(\frac{\rho_c}{\rho} \right)$$

④ 송풍기 동압

$$p_{Dc} = p_D \left(\frac{D_c}{D} \right)^2 \left(\frac{n_c}{n} \right)^2 \left(\frac{\rho_c}{\rho} \right)$$

⑤ 송풍기 정압

$$p_{Sc} = p_{Tc} - p_{Dc}$$

⑥ 송풍기 동력

$$L_c = L \left(\frac{D_c}{D} \right)^5 \left(\frac{n_c}{n} \right)^3 \left(\frac{\rho_c}{\rho} \right)$$

⑦ 송풍기 정압 효율

$$\eta_{Sc} = \eta_S \left(\frac{p_{Sc}}{p_{Tc}} \right)$$

참고문헌

(1). 한국공업규격, 1990, 일반음장에서 음향 파워 레벨 측정방법, KS A 0703

(2). JIS, 1991, 一般の音場における音響パワーレベル測定方法, JIS Z 8733

(3). ISO, 1990, Determination of sound power levels of noise sources - Engineering methods for free-field conditions over a reflecting plane, ISO 3744

(4). 한국공업규격, 1990, 옥타브 및 1/3옥타브 밴드 분석기, KS A 0000

(5). 한국공업규격, 1990, 잔향실에서의 음향 파워 레벨 측정방법, KS A 0704

(6). JIS, 1991, 残響室における音響パワーレベル測定方法, JIS, JIS Z 8734

(7). ISO, 1990, Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms, ISO 3741

(8). ISO, 1990, Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for discrete-frequency and narrow-band sources in reverberation rooms, ISO 3742

(9). 한국공업규격, 1991, 무향실 또는 반무향실에서의 음향 파워 레벨 측정방법, KS A 0705

(10). JIS, 1991, 無響室又は半無響室における音響パワーレベル測定方法, JIS Z 8732

(11). ISO, 1990, Determination of sound power levels of noise sources-Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms, ISO 3745

(12). ISO, 1990, ISO 5136 Acoustics-Determination of Sound Power Radiated into a Duct by Fans - In-duct Method

(13). 한국공업규격, 1990, 옥타브 및 1/3옥타브 주파수 분석기, KS C 1513

(14). 한국공업규격, 1989, 음향용어(일반), KS A 3006

(15). 한국공업규격, 1990, 보통소음계, KS C 1502

(16). 한국공업규격, 1990, 정밀소음계, KS C 1505

(17). 한국공업규격, 1990, 소음도 측정방법, KS A 0701

- (18). ANSI/AMCA, 1986, Laboratory Method of Testing In-Duct Sound Power Measurement Procedure for Fans, ANSI/AMCA 330-86
- (19) 한국공업규격, 1982, 송풍기의 시험 및 검사방법, KS B 6311
- (20) ISO, 1997, Industrial fans - Performance testing using standardized airways, ISO 5801
- (21) AMCA, 1986, Site Performance Test Standard Power Plant and Industrial Fans, AMCA 803-87
- (22) ASHRAE, 1985, Laboratory Methods of Testing Fans for Rating, ASHRAE Standard 51
- (23) JIS, 1981, 送風機の試験及び検査方法, JIS B 8330